

**EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO IMPLEMENTADO en el PAVIMENTO
RÍGIDO del SECTOR DE LA CARRERA DÉCIMA ENTRE CALLE 7 Y CALLE
26 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**



Autor:
ING. CAMILO FARFAN LINARES

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
2018

EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO IMPLEMENTADO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL SECTOR DE LA CARRERA DÉCIMA ENTRE CALLE 7 Y CALLE 26 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

EVALUATION OF MAINTENANCE IMPLEMENTED IN THE RIGID PAVEMENT OF THE SECTOR OF CAREER TENTH BETWEEN STREET 7 AND STREET 26 IN THE BOGOTÁ CITY.

Camilo Farfán Linares.
Ingeniero civil.
Especialización en ingeniería de pavimentos.
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
U6100282@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El artículo presenta la metodología para evaluar el mantenimiento que se ha implementado en el pavimento rígido del sector de la carrera décima entre calle 7 y calle 26 en la ciudad de Bogotá D.C, esto debido a que desde el año 2013 hasta el año 2017 se desarrollaron actividades de conservación en las losas de concreto hidráulico, sin un monitoreo secuencial en el tiempo que demuestre su eficacia en cuanto al comportamiento funcional y estructural de las mismas. La evaluación se realizó tomando como base parámetros de Índice De Regularidad Internacional (IRI) y de Índice de Fallas del Pavimento (Modified Distress Rating - MDR) medidos semestralmente en el corredor vial. Con dichas mediciones se determinó el Índice de Condición Global del Pavimento (OPI), para que junto con el tránsito de diseño, fuera posible describir el comportamiento semestral de la estructura. De acuerdo a las variaciones en los valores de OPI se concluyó que el sector estudiado se mantuvo en un estado de condición óptimo a lo largo del periodo de evaluación, evidenciando que el mantenimiento que se implementó fue conveniente, proporcionando características superficiales adecuadas en la vía.

Palabras clave: IRI; MDR; OPI; PCI; Código de Identificación Vial (CIV); mantenimiento.

ABSTRACT

The article presents the methodology to evaluate the maintenance that has been implemented in the rigid pavement of the tenth career sector between 7th and 26th streets in the city of Bogotá DC, this due to the fact that from the year 2013 until the year 2017 activities were developed of conservation in the slabs

of hydraulic concrete, without a sequential monitoring in time that demonstrates its effectiveness in terms of the functional and structural behavior of the same. The evaluation was made based on parameters of the International Roughness Index (IRI) and Modified Distress Rating (MDR) measured every six months in the road corridor. With these measurements the Overall Pavement Index (OPI) was determined, so that along with the design transit, it was possible to describe the semi-annual behavior of the structure. According to the variations in the OPI values, it was concluded that the studied sector remained in an optimum condition throughout the evaluation period, evidencing that the maintenance that was implemented was convenient, providing adequate surface characteristics on the road.

Keywords: IRI; MDR; OPI; PCI; Road Identification Code (CIV); maintenance.

INTRODUCCIÓN

La Avenida Fernando Mazuera o Carrera 10, fue inaugurada en la ciudad de Bogotá, en el año de 1960, iniciando en el barrio Las Lomas en la localidad de San Cristóbal y culminando en la calle 28 en el sector del Museo Nacional (sentido sur – norte), a lo largo de su recorrido atraviesa la localidad de Santafé ubicada en el centro de la ciudad.

En el año 1998 se dio inicio a la construcción del sistema de transporte masivo de Bogotá, TransMilenio o Empresa de Transporte del Tercer Milenio S.A., dentro de los estudios se incluyó la implementación de pavimentos en diferentes corredores viales de la ciudad. Dicho proyecto fue dividido de la siguiente manera: fase I, conformada por la calle 80, la troncal de la Av. Caracas y finalmente la autopista norte; fase II, en la Avenida Quito, Américas y Suba, y por último la fase III en la carrera 10 y Avenida el Dorado puesta en servicio en el año 2012.

La carrera 10 entre calle 7 y calle 26 hace parte de la fase III de TransMilenio, fue construido en pavimento rígido en toda su longitud, en ambos sentidos.

Desde el año 2013 hasta la actualidad se dio inicio a la etapa de mantenimiento de este último tramo, periodo en el que se han implementado actividades de conservación que pretenden mantener la vía en condiciones adecuadas en términos de confort, seguridad y superficie, dentro de las cuales se encuentran la reparación de desportillamientos, sello de fisuras, cambio de sello deteriorado de juntas, re-texturizado en losas de concreto, entre otras. Sin embargo, no se ha desarrollado o llevado a cabo un análisis específico que determine si las acciones implementadas durante el transcurso del periodo de mantenimiento, han sido las pertinentes para garantizar las condiciones óptimas del funcionamiento del pavimento.

La presente publicación pretende evaluar la eficacia del mantenimiento implementado en la vía de estudio, mediante el cálculo del Índice De Condición Global Del Pavimento (OPI), que puede obtenerse con la proyección del tránsito para el periodo de diseño, el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y

el valor del índice de fallas del pavimento Modified Distress Rating (MDR), parámetros que determinan la condición superficial de las losas de concreto hidráulico y por medio de estas medidas podrá verificarse su comportamiento desde el año 2013 hasta el año 2017. Los valores de OPI obtenidos durante el periodo de análisis podrán aumentar, disminuir o mantenerse, y a partir de este comportamiento podrá describirse el efecto que el mantenimiento implementado tuvo en el pavimento rígido.

Es importante aclarar que el artículo se enfoca exclusivamente en condiciones superficiales del pavimento, y que no pretende evaluar el comportamiento de la estructura desde las capas subyacentes al mismo.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CORREDOR VIAL OBJETO DE ESTUDIO

1.1 LOCALIZACIÓN

El pavimento rígido objeto de estudio del presente artículo es el perteneciente a la carrera 10 (Avenida Fernando Mazuera) entre calle 7 y calle 26 en el centro de la ciudad de Bogotá. Este corredor vial cuenta con dos carriles para tránsito mixto y dos carriles exclusivos para buses TranMilenio, tanto para la calzada oriental en sentido sur-norte como para la calzada occidental en sentido norte-sur.

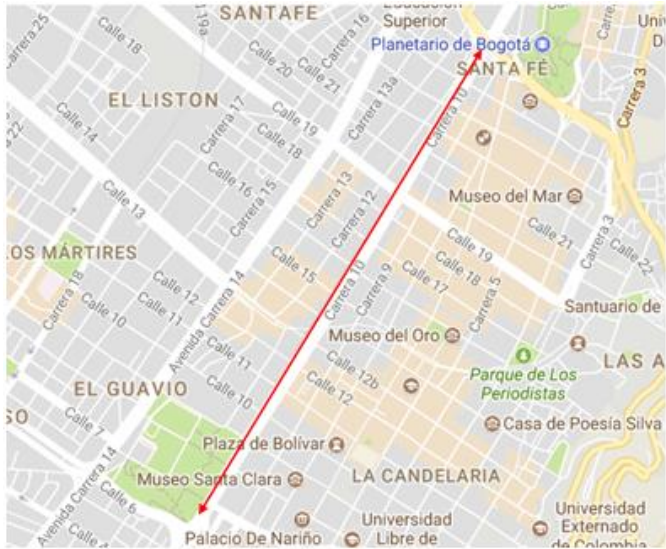


Fig. 1. Localización del pavimento de estudio.
Fuente: Google Maps, año 2017

El Código de Identificación Vial (CIV) asignado por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) a cada segmento del tramo de vía en estudio es el que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. CIV de los segmentos viales del tramo de vía en estudio.

SEGMENTO VIAL	CIV
Carrera 10 entre calles 7 y 8	3000820
Carrera 10 entre calles 8 y 9	3000803
Carrera 10 entre calles 9 y 10	3000791
Carrera 10 calles 10 y 11	3000780

SEGMENTO VIAL	CIV
Carrera 10 entre calles 11 y 12	3000769
Carrera 10 entre calles 12 y 13	3000755
Carrera 10 entre calles 13 y Av. Jiménez	3000728
Carrera 10 entre Av. Jiménez y calle 14	3000711
Carrera 10 a entre calles 14 y 15	3000698
Carrera 10 entre calles 15 y 16	3000666
Carrera 10 entre calles 16 y 17	3000637
Carrera 10 entre calles 17 y 18	3000603
Carrera 10 entre calles 18 y 19	3000569
Carrera 10 entre calles 19 y 20	3000538
Carrera 10 entre calles 20 y 21	3000501
Carrera 10 entre calles 21 y 22	3000483
Carrera 10 entre calles 22 y 23	3000470
Carrera 10 entre calles 23 y 24	3000443
Carrera 10 entre calles 24 y 26	3000414

Fuente: Elaboración propia.

1.2 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CONSTRUIDA

La estructura del pavimento rígido se compone de una capa de base granular BG-A tipo IDU de 0.20 metros de espesor, una carpeta de mezcla asfáltica MD-12 tipo IDU de 0.05 metros, y una capa de rodadura de concreto hidráulico MR-45 cuyo espesor varía según carril y calzada.



Fig. 2. Estructura de pavimento carriles mixtos calzada oriental y occidental.

Fuente: Elaboración propia

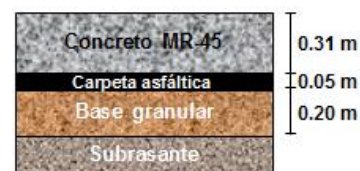


Fig. 3. Estructura de pavimento carriles TransMilenio calzada oriental.

Fuente: Elaboración propia

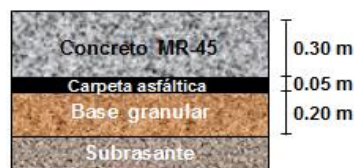


Fig. 4. Estructura de pavimento carriles TransMilenio calzada occidental.

Fuente: Elaboración propia

2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

2.1 ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

El IRI es una medida que determina el nivel de servicio que ofrece un proyecto vial a los usuarios que transitan sobre él, puede definirse como la variación del perfil longitudinal entre una capa de rodadura existente y una capa de rodadura ideal sin irregularidades con valores de IRI iguales a cero. Esta irregularidad afecta directamente los costos de operación y comodidad al conducir, es decir, que entre mayor uniformidad exista a lo largo de la carretera, la sensación de vibración al transitar se reducirá generando mayor confort y seguridad para los vehículos.

El Índice de Regularidad Internacional es calculado en base a un modelo llamado Cuarto de Carro. “El sistema del Cuarto de Carro calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que tuviera el pasajero. Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el Índice Internacional de Regularidad, en unidades de m/km., mm/m, in/mi, etc.” [1].

La medición del IRI implementada en la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 se realizó por medio de un perfilógrafo láser, en sectores de análisis de 100 metros y hasta completar la longitud total del tramo.

En la versión 2005 de las especificaciones técnicas de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)[2]., el valor de IRI se exigía como criterio de aceptación o rechazo de pavimentos, no obstante en la versión actualizada de 2011 se modifica esta consideración y se aclara que “el reporte del IRI es obligatorio y no es condición de aceptación o rechazo de la actividad de obra, sin embargo, el dato reportado se tomará como información para la base de datos y el interventor deberá verificar la calidad de la información reportada” [3]. A continuación se describen algunos de los rangos de calificación de acuerdo al valor del IRI.

Tabla 2. Valores máximos admisibles de IRI.

Porcentaje de hectómetros	Valor máximo
50	2,5
80	3,0
100	3,5

Fuente: Especificaciones técnicas IDU-ET-2005.

Tabla 3. Escala de valores de IRI para proyectos de concesión de tercera generación.

IRI (m/Km)	Calificación
1 – 2,5	Muy Buena
2,5 – 3,5	Buena
3,5 – 5,5	Regular
> 5,5	Mala

Fuente: Sabogal Sánchez Fernando, Sobre el índice de estado en los contratos de la tercera generación de concesión de carreteras nacionales, 2014[4]

Tabla 4. Clasificación de IRI para vías interurbanas.

IRI (m/Km)	Calificación
0 - 2	Excelente
2 – 3,5	Bueno
3,5 – 5,0	Regular
> 5,0	Malo

Fuente: Sabogal Sánchez Fernando, Curso básico de diseño de pavimentos, módulo 18, evaluación de pavimentos [5]

2.2 AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO – METODOLOGÍA PCI

Para el levantamiento de daños o auscultación se utilizó el método PCI (Pavement Condition Index). Se trata de una inspección visual del pavimento rígido de un proyecto determinado, identificando los daños presentes en las losas de concreto hidráulico o en una unidad de muestreo. La metodología introduce el concepto de “valores deducidos”, como un factor de ponderación

que indica el grado de afectación sobre la condición del pavimento, obtenido mediante el uso de curvas proporcionadas por el método en función de la clase de daño, su severidad y su densidad. Las curvas utilizadas para el cálculo de valores deducidos de la vía objeto del presente artículo, fueron curvas calibradas por la empresa Technology and Management LTD para la ciudad de Bogotá en el año 2005 [6]

Esta metodología hace una descripción directa de cada uno de los tipos de daño, esto con el fin de identificarse fácilmente durante la auscultación, definiendo sus posibles causas y la evolución que puedan llegar a tener en caso de no ser tratados, de igual manera, detalla el nivel de severidad con su magnitud de afectación dentro de la losa de concreto o la forma en la que se manifiesta, además, define la unidad de medición de las patologías y algunas opciones de reparación que varían conforme a su severidad.

Es importante destacar que la descripción y clasificación de daños está basada estrictamente en el conocimiento del comportamiento integral de la estructura de los pavimentos y de la experiencia en el diseño, construcción y mantenimiento de los mismos.

2.3 ÍNDICE DE FALLAS DEL PAVIMENTO (MDR)

El MDR (Modified Distress Rating) es un índice que determina el deterioro en la estructura del pavimento, teniendo en cuenta las distintas patologías que presenta, la severidad y la densidad de las mismas, establecidas mediante la auscultación con el método PCI.

Este índice MDR varía de 0 a 100, siendo 0 el valor de una vía en completo estado de destrucción, y 100 una vía con una superficie en condiciones excelentes. Para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente ecuación propuesta por el Washington State Department of Transportation (WSDOT).

$$MDR = 100 - \sqrt{(\sum pn^2)} \quad (1)$$

Donde pn es el peso de ponderación (valor deducido) del daño en función de su severidad y extensión.

Para establecer el valor deducido, debe ingresarse con el porcentaje de densidad o extensión de superficie deteriorada (eje x) a la gráfica correspondiente al tipo de daño, luego interceptar con la curva que representa la severidad, que puede ser alta, media o baja, y se determina el valor deducible en el eje Y. Los valores deducibles encontrados se introducen en “(1)” y se obtiene el valor del MDR. En caso tal que se obtengan valores de MDR negativos (que pueden presentarse en vías con alto grado de deterioro) se le asignará un valor de MDR igual a cero.

En el año 2005 el IDU en conjunto con la firma Technology and Management LTD, publicaron el estudio de Fase II de calibración de las curvas de deterioro de los pavimentos de Bogotá [6], en donde se desarrollaron curvas calibradas

para las localidades de Bosa, Tunjuelito, San Cristóbal, Ciudad Bolívar, Fontibón y Rafael Uribe, utilizadas en el cálculo del MDR del pavimento rígido de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26.

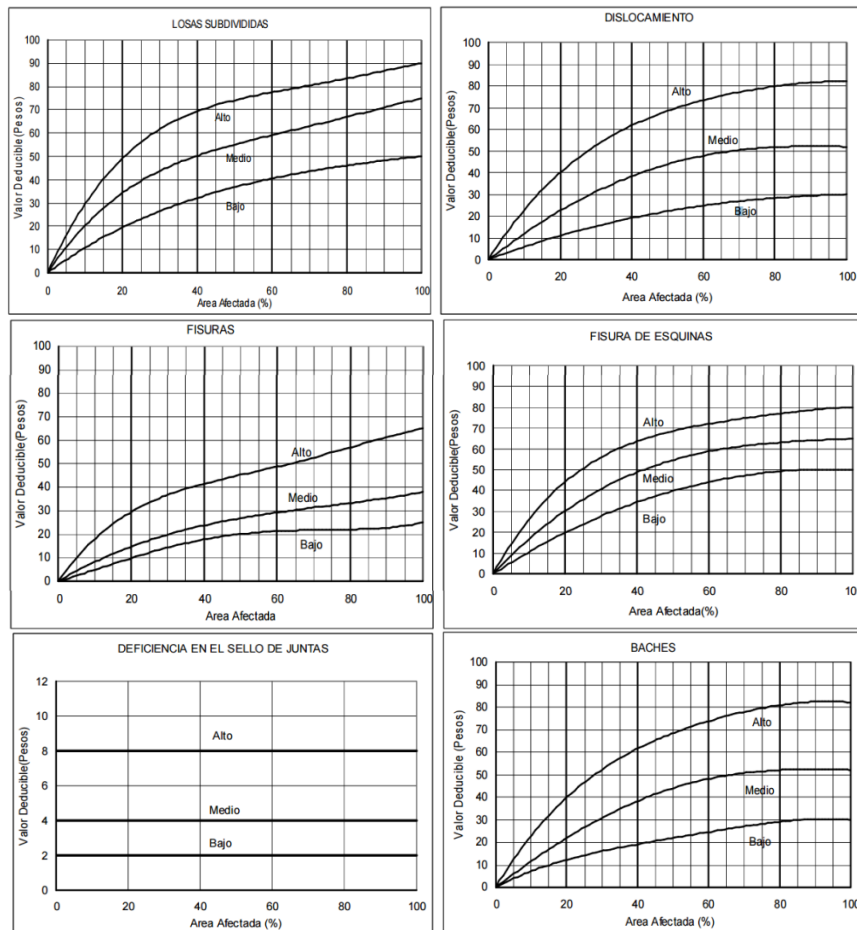


Fig. 5. Curvas para los tipos de daños en pavimento rígido.

Fuente: Technology and Management LTD - Fase II de calibración de las curvas de deterioro de los pavimentos de Bogotá, 2005.

2.3 ESTADO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

2.3.1 ÍNDICE DE CONDICIÓN GLOBAL DEL PAVIMENTO (OPI)

El OPI (Overall Pavement Index) es un índice que define la condición superficial del pavimento, y se determina mediante la siguiente ecuación como lo plantean las Especificaciones Particulares de Mantenimiento para la Carrera 10 [7]

$$OPI = MDR * \left(\frac{5 * e^{0,198 - 0,261 * IRI}}{5} \right)^{0,12} \quad (2)$$

En “(2)” puede observarse que el OPI se calcula mediante la interrelación del MDR, como una representación del comportamiento estructural, y el IRI representa el desempeño funcional o de confort, por tal razón el OPI puede considerarse un parámetro característico del estado del pavimento. La

valoración del OPI va de 0 a 100, donde 0 es equivalente a un pavimento en mal estado y la valoración de 100 representa uno en perfectas condiciones.

2.3.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN ESTADO DE CONDICIÓN DE SEGMENTOS VIALES

La clasificación de los segmentos viales debe realizarse con la Tabla 5, se aprecia que para la clasificación debe considerarse el tráfico en número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas y el valor de OPI con la siguiente clasificación:

- Vías Verdes = Estado de condición bueno.
- Vías Amarillas = Estado de condición aceptable.
- Vías Anaranjadas = Estado de condición regular.
- Vías Rojas = Estado de condición malo.

Tabla 5. Matriz de clasificación para pavimento rígido.

Tráfico	OPI	Clasificación
Alto: $N > 4 \times 10^6$ ejes de 8.2 ton	71 – 100	Verde
	51 – 70	Amarillo
	31 – 50	Naranja
	30 - 0	Rojo
Medio: $N < 4 \times 10^6$ ejes de 8.2 ton	71 – 100	Verde
	31 – 70	Amarillo
	30 - 0	Rojo

Fuente: Especificaciones particulares de mantenimiento para la adecuación de la Fase III de TransMilenio en la ciudad de Bogotá, D.C. [7]

3. METODOLOGÍA

Para realizar la investigación del efecto del mantenimiento implementado en la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 en la ciudad de Bogotá, fue necesario realizar un análisis de las mediciones de Índice de Regularidad Internacional y resultados de Índice de fallas del pavimento, pertenecientes al sector de estudio desde el año 2013 (año el que se dio inicio a la etapa de mantenimiento) hasta el año 2017. De igual manera debe contarse con el nivel de tránsito en número de ejes equivalentes con el que fue diseñado el pavimento rígido.

3.1 MEDICIONES DE IRI DEL PROYECTO

Desde el inicio de la etapa de mantenimiento, se han realizado ocho (8) mediciones de Índice de Regularidad Internacional, ejecutadas desde el mes de diciembre de 2013. “Para esta medición se debe emplear el perfilógrafo láser RSP (Road Surfacar Profiler) con el cual es posible determinar de forma continua la regularidad, recorriendo la vía a una velocidad de 20 – 60 km/h” [7].

En las mediciones de IRI fue necesario identificar y omitir del análisis las singularidades presentes, como pueden ser puentes, zonas de empates con pavimentos existentes o flexibles, tachas, resaltos, pozos, cámaras u otras características que afectan la medición, como lo son lecturas a velocidades menores de 20 km/h que generan registros erróneos.

3.1.1 Valores de IRI calzadas mixtas:

Tabla 6. Resultados de IRI del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas Mixtas

CIV	CALLES		IRI PROMEDIO (m/km)															
			DIC/13		JUN/14		DIC/14		JUN/15		NOV/15		JUN/16		DIC/16		MAY /17	
			E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	CLL 24	CLL 26	3,8	3,9	4,0	4,0	4,8	4,5	4,4	4,4	3,5	3,3	3,9	3,5	4,9	4,7	3,5	3,7
3000443	CLL 23	CLL 24	3,9	3,2	4,0	3,8	4,4	4,3	4,6	4,0	3,5	3,4	3,5	3,0	3,8	4,0	3,7	3,5
3000470	CLL 22	CLL 23	3,7	3,5	3,7	3,5	4,5	4,5	4,7	4,0	3,2	3,2	3,4	3,3	3,7	4,2	3,6	3,6
3000483	CLL 21	CLL 22	3,2	3,0	3,4	3,3	4,1	3,8	5,4	5,1	3,0	3,1	3,2	3,2	3,4	4,1	3,2	3,0
3000501	CLL 20	CLL 21	3,2	3,2	3,1	3,0	3,6	3,2	5,3	3,8	3,8	3,6	3,5	3,6	4,1	4,1	3,9	3,6
3000538	CLL 19	CLL 20	3,5	3,2	3,6	3,2	4,5	4,1	4,6	3,8	4,0	3,5	3,3	3,0	4,0	4,3	4,3	4,2
3000569	CLL 18	CLL 19	3,2	3,5	3,7	3,8	5,7	4,9	4,0	4,0	5,1	4,3	6,0	4,5	5,6	5,0	4,7	4,7
3000603	CLL 17	CLL 18	4,0	3,6	4,4	4,0	4,1	4,0	4,3	4,5	3,9	3,8	4,1	3,6	4,2	4,5	4,3	4,3
3000637	CLL 16	CLL 17	4,0	4,0	4,3	4,0	4,6	4,8	4,6	4,0	4,2	4,2	4,1	3,8	4,5	4,6	4,1	4,3
3000666	CLL 15	CLL 16	3,4	3,4	3,8	3,7	4,3	4,0	4,5	4,6	3,9	3,8	3,9	3,4	4,5	4,3	4,1	4,6
3000698	CLL 14	CLL 15	3,9	4,2	4,5	4,6	4,5	4,1	4,4	4,1	4,4	4,0	5,0	4,4	5,4	5,1	4,4	4,5
3000711	AV. JIM	CLL 14	4,2	4,5	4,5	4,0	4,8	4,0	4,3	3,8	4,8	4,1	5,1	5,0	6,2	5,8	5,4	5,0
3000728	CLL 13	AV. JIM	4,5	4,5	5,0	4,4	6,1	4,1	5,0	4,8	5,6	5,2	5,6	5,2	5,9	6,0	5,4	5,1
3000755	CLL 12	CLL 13	4,9	4,3	4,9	4,9	5,1	5,2	5,0	4,7	4,9	4,4	5,1	4,5	4,9	5,4	5,4	4,3
3000769	CLL 11	CLL 12	5,2	4,6	4,9	4,8	6,0	5,3	5,4	4,2	5,2	5,0	5,3	5,0	6,0	5,7	4,5	3,9
3000780	CLL 10	CLL 11	4,3	4,3	4,1	4,2	4,4	4,4	5,3	4,4	4,3	4,6	4,2	3,8	4,7	4,9	3,8	4,2
3000791	CLL 9	CLL 10	3,3	3,5	3,3	3,7	4,1	3,7	4,4	4,4	3,7	3,8	3,9	3,8	4,4	5,0	3,9	4,0
3000803	CLL 8	CLL 9	3,5	3,5	4,1	4,0	4,8	4,2	4,6	3,9	4,0	3,7	4,3	4,4	4,1	4,3	4,6	3,6
3000820	CLL 7	CLL 8	4,1	4,1	4,7	4,4	5,4	4,3	2,8	3,5	4,6	4,0	4,4	4,0	4,6	4,8	4,1	3,8

Fuente: Elaboración propia

E=Este; W=Oeste

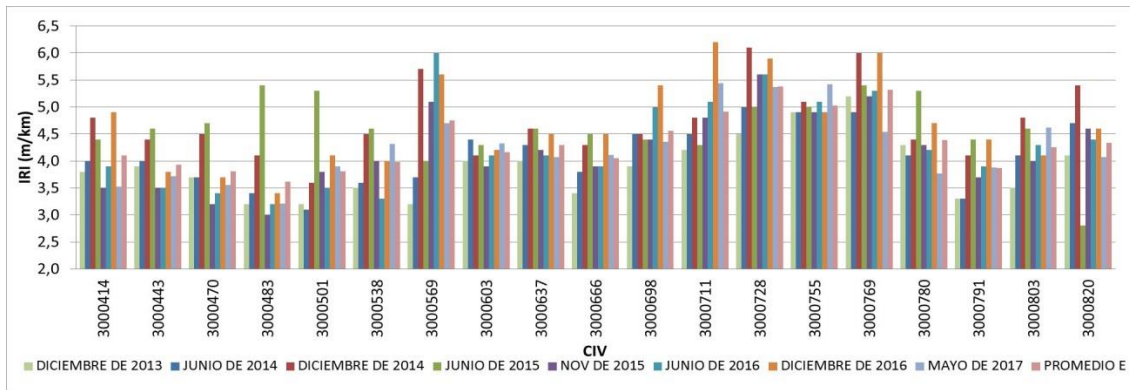
3.1.2 Valores de IRI calzadas TransMilenio:

Tabla 7. Resultados de IRI del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas TransMilenio

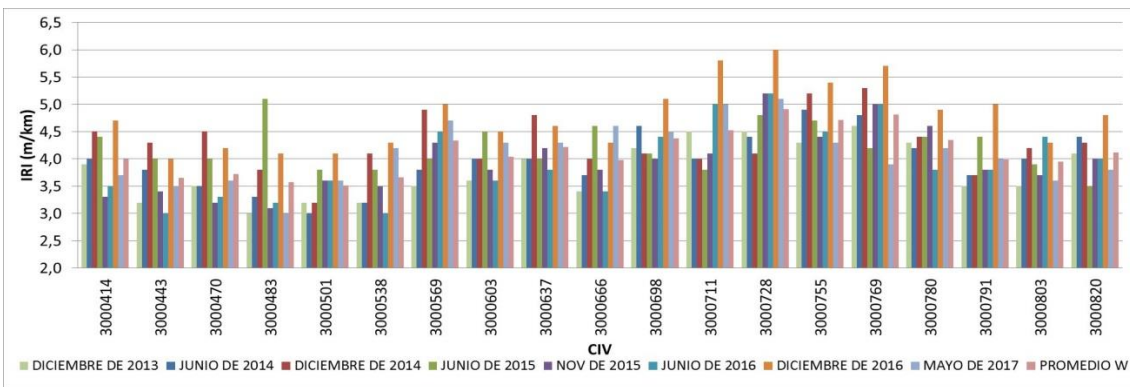
CIV	CALLES		IRI PROMEDIO (m/km)															
			DIC/13		JUN/14		DIC/14		JUN/15		NOV/15		JUN/16		DIC/16		MAY/17	
			E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	CLL 24	CLL 26	5,1	5,0	5,6	5,3	5,0	5,2	6,0	5,8	4,9	4,9	4,7	5,0	4,8	5,0	5,3	5,1
3000443	CLL 23	CLL 24	5,0	4,7	4,8	4,8	5,0	4,9	5,7	5,5	4,4	4,6	4,2	4,7	3,7	3,8	4,2	4,3
3000470	CLL 22	CLL 23	4,7	4,5	4,7	4,5	4,9	5,1	4,2	4,4	4,2	4,7	4,0	4,2	4,2	4,2	3,7	3,5
3000483	CLL 21	CLL 22	3,4	3,8	3,6	3,5	4,8	5,0	3,5	4,4	3,1	4,0	3,2	3,3	3,5	3,5	3,8	3,6
3000501	CLL 20	CLL 21	3,1	3,1	2,9	3,0	4,5	4,5	4,7	4,6	3,2	3,7	3,1	3,8	3,4	3,8	3,0	3,2
3000538	CLL 19	CLL 20	3,4	3,2	3,7	3,5	4,2	4,3	5,3	4,6	4,1	4,3	3,1	3,5	4,0	4,0	3,5	3,3
3000569	CLL 18	CLL 19	4,2	4,0	4,6	4,3	5,1	5,0	4,6	4,8	4,0	4,7	4,2	4,5	4,6	4,3	3,9	3,2
3000603	CLL 17	CLL 18	4,4	3,2	4,4	4,0	4,6	4,4	4,1	4,2	3,7	4,1	4,1	4,3	4,3	4,7	4,1	3,9
3000637	CLL 16	CLL 17	4,0	3,9	4,4	4,2	4,6	4,5	4,2	4,2	4,2	4,5	4,0	4,4	3,6	3,9	3,6	4,2
3000666	CLL 15	CLL 16	3,3	3,1	3,3	3,1	4,4	4,8	4,3	4,5	3,5	3,9	3,4	3,6	3,6	4,2	3,6	3,8
3000698	CLL 14	CLL 15	3,5	3,4	3,8	3,6	4,2	4,0	4,1	4,7	4,2	4,0	3,8	3,8	5,2	5,0	4,4	3,9
3000711	AV. JIM	CLL 14	4,5	4,5	4,7	4,5	4,6	4,3	4,5	4,8	4,3	4,1	4,7	4,6	5,1	4,8	4,8	4,1
3000728	CLL 13	AV. JIM	4,5	4,5	4,9	4,8	5,6	5,0	4,6	4,8	5,2	4,9	5,2	5,5	4,8	4,0	4,2	3,4
3000755	CLL 12	CLL 13	4,0	3,4	3,8	3,8	4,2	3,9	4,3	4,6	4,4	4,2	4,4	4,5	4,1	4,5	3,9	3,2
3000769	CLL 11	CLL 12	4,0	3,8	4,1	4,2	4,4	4,0	4,6	4,7	4,0	4,3	3,9	4,2	4,1	4,7	4,1	4,0
3000780	CLL 10	CLL 11	3,5	3,5	3,6	3,4	4,2	4,0	4,6	4,6	4,2	4,5	4,1	4,3	4,3	4,8	3,6	3,2
3000791	CLL 9	CLL 10	3,4	3,5	3,3	3,3	3,7	3,5	5,5	5,6	3,6	3,9	3,8	4,0	4,2	4,5	3,7	4,1
3000803	CLL 8	CLL 9	3,2	3,1	3,9	3,6	4,6	4,0	4,5	4,8	4,0	4,1	4,1	3,8	4,3	4,3	4,7	4,3
3000820	CLL 7	CLL 8	4,6	4,3	5,2	4,8	5,0	4,4	4,9	5,2	4,5	4,6	4,5	4,7	4,0	4,6	4,3	4,5

Fuente: Elaboración propia

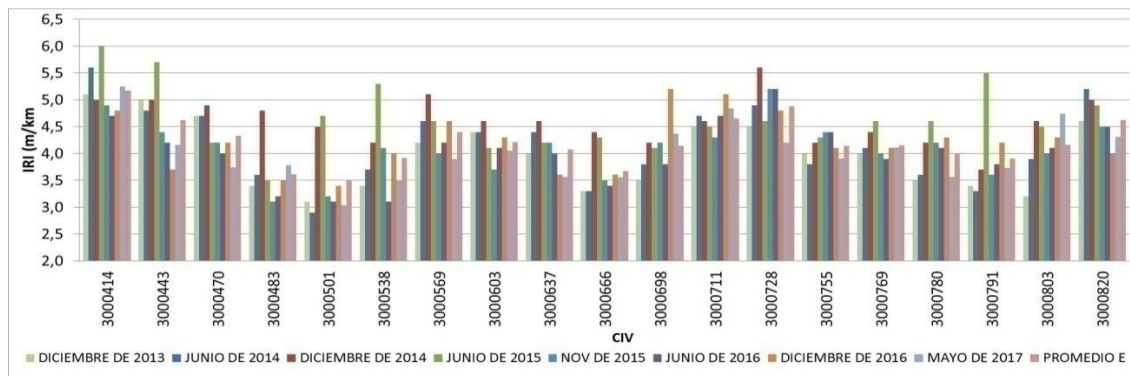
E=Este; W=Oeste



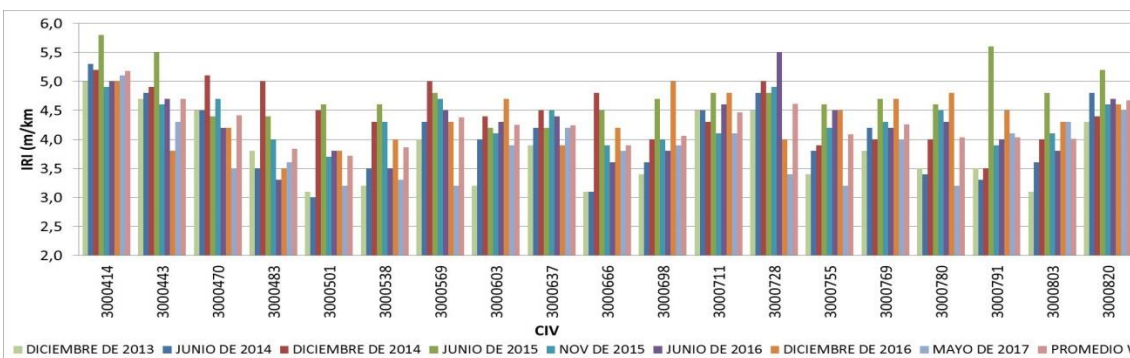
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

En las Fig. 1 a 9, se evidencia que los valores máximos de IRI se presentaron en los CIV 3000711, 3000728 y 3000769 para los carriles mixtos del costado oriental y occidental, y en los CIV 3000414, 3000728 y 3000443 en cuanto a los carriles TransMilenio en ambos costados. La fórmula del OPI introduce los valores de IRI de forma exponencial, razón por la cual el valor mínimo de OPI se espera en dichos segmentos viales.

Según los rangos de clasificación descritos en las Tablas 3 y 4 en cuanto a valores de IRI, el pavimento obtiene una clasificación regular a lo largo de todo su trayecto, y se evidencian superiores en las calzadas Transmilenio.

3.2 RESULTADOS DE MDR DEL PROYECTO

3.2.1 Valores MDR calzadas mixtas:

Tabla 8. Resultados de MDR del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas Mixtas

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	91	100	94	99	98	98	98	99	96	98	96	98	97	97	97	98
3000443	92	92	98	99	100	99	100	99	99	99	99	99	100	99	97	100
3000470	92	99	99	98	99	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	98
3000483	92	99	97	99	98	100	98	100	98	100	98	100	98	100	100	100
3000501	99	99	98	100	99	100	99	100	99	100	99	100	99	100	100	97
3000538	91	94	95	95	98	97	95	97	95	95	95	95	97	95	95	96
3000569	92	100	97	99	98	100	98	100	98	99	98	99	98	99	99	96
3000603	92	99	99	96	99	97	99	98	99	97	99	97	99	95	95	99
3000637	92	100	96	97	99	98	99	98	97	97	97	97	97	97	98	98
3000666	92	97	100	99	100	99	97	100	99	99	99	99	96	99	96	95
3000698	98	97	93	99	93	95	94	100	93	94	93	94	97	94	97	97
3000711	99	100	96	97	96	97	96	97	96	96	96	96	95	94	92	99
3000728	96	92	99	97	99	98	99	99	98	97	98	97	97	97	93	98
3000755	92	98	100	98	100	99	100	99	100	99	100	99	100	99	94	91
3000769	91	99	98	99	98	99	99	98	98	98	98	98	98	98	96	99
3000780	98	100	99	99	98	99	98	99	98	98	98	98	99	98	99	98
3000791	97	100	99	99	99	98	99	98	98	98	98	98	98	98	97	99
3000803	92	100	94	97	98	98	95	96	95	96	95	96	96	96	98	100
3000820	92	97	97	98	98	98	98	99	97	99	97	99	97	98	96	100

Fuente: Elaboración propia

E=Este; W=Oeste

3.2.2 Valores MDR calzadas TransMilenio:

Tabla 9. Resultados de MDR del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas TransMilenio

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	100	100	100	98	97	96	98	99	97	97	97	97	94	99	99	100
3000443	100	99	99	99	99	97	99	99	99	97	99	97	99	98	98	98
3000470	100	92	92	98	99	98	100	98	99	98	99	98	99	98	97	99
3000483	98	92	92	98	99	98	99	98	99	98	99	98	99	98	98	99
3000501	99	99	99	99	99	98	99	98	99	98	99	98	99	97	96	99

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000538	99	100	100	99	100	98	100	98	99	98	99	98	100	99	98	100
3000569	98	100	100	97	99	96	99	96	99	96	99	96	100	96	96	100
3000603	92	99	99	98	97	98	96	98	96	98	96	98	97	98	97	96
3000637	92	99	99	96	100	95	97	96	97	96	97	96	98	95	99	99
3000666	92	99	99	98	99	98	99	98	99	98	99	98	99	98	99	92
3000698	92	97	97	98	98	100	98	96	96	99	96	99	96	98	95	97
3000711	99	99	99	94	96	95	96	95	97	94	97	94	97	94	98	99
3000728	91	96	96	96	95	96	96	96	94	97	94	97	95	97	99	96
3000755	91	98	98	98	97	97	97	97	97	98	97	98	97	97	94	96
3000769	92	96	96	97	95	97	94	97	94	97	94	97	93	96	97	95
3000780	92	96	96	97	98	97	98	97	97	97	97	97	98	96	98	97
3000791	92	90	90	98	97	99	96	98	96	98	96	98	96	98	96	94
3000803	92	97	97	100	99	99	99	99	98	99	98	99	98	99	96	98
3000820	92	94	94	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	98	98	97

Fuente: Elaboración propia

E=Este; W=Oeste

Para las calzadas mixtas y las calzadas Transmilenio, se presentan valores de MDR superiores a 90 en todos los segmentos viales y durante todo el periodo de mantenimiento, evidencia de la poca presencia de patologías severas a lo largo de todo pavimento rígido, producto de las actividades de conservación rutinarias y preventivas realizadas.

3.3 TRÁNSITO DE DISEÑO DEL PAVIMENTO

El estudio de tránsito implementado para el diseño de pavimento de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26, se realizó para un periodo de 20 años utilizando los volúmenes de tráfico en el año 2007, tomando como referencia las variables y factores descritos en las especificaciones de construcción del proyecto [8].

3.3.1 Los criterios de tránsito definidos para los carriles TransMilenio fueron los siguientes:

- TPD de diseño: 2160
- Distribución de cargas por eje:
 - Eje delantero: 7.5 Ton
 - Eje intermedio: 12.5 Ton
 - Eje Trasero: 12.5 Ton
- Factores de crecimiento de tránsito:
 - Año 2008 a 2011: 3,86%
 - Año 2011 a 2017: 2,78%
 - Año 2017 a 2021: 2,36%
 - Año 2021 a 2028: 2,19%

Con lo que se obtuvo un total de $2,9 \times 10^9$ ejes equivalentes de 8,2 Toneladas para el periodo de diseño.

3.3.2 Los criterios de tránsito definidos para los carriles mixtos fueron los siguientes:

- TPD de diseño: Calzada oriental: C2P: 79; C2G: 249; C3: 19
Calzada occidental: C2P: 166; C2G: 18; C3: 31
- Distribución de cargas por eje: Eje Direccional Liviano: 5.0 Ton
Eje Direccional Pesado: 6.0 Ton
Eje Trasero Sencillo: 11.0 Ton
Eje Trasero Tándem: 22.0 Ton
- Factores de crecimiento de tránsito: Año 2008 a 2028: 2,19%

Con lo que se obtuvo el siguiente tránsito para el periodo de diseño:

Calzada mixta oriental: $8,76 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8,2 Toneladas
Calzada mixta occidental: $1,3 \times 10^7$ ejes equivalentes de 8,2 Toneladas.

3.4 CÁLCULO DEL OPI

Teniendo en cuenta los valores de IRI y MDR presentados en los numerales 3,1 y 3,2 respectivamente, se realizó el cálculo del OPI utilizando la Ecuación (2), esto para la calzada mixta y la calzada TransMilenio por cada segmento vial y en ambos costados. Las Tablas 10 y 11 expresan el resultado del OPI junto con un análisis estadístico semestral que incluye la determinación del valor promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación del total de los resultados obtenidos para los carriles orientales y occidentales en cada calzada.

Tabla 10. Resultados de OPI del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas mixtas.

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	83,1	90,4	85,1	89,1	86,3	87,3	87,4	87,9	88,5	90,7	87,4	90,1	85,2	85,3	88,5	89,6
3000443	83,0	85,1	88,3	89,7	88,9	89,0	88,3	89,8	90,9	91,5	90,9	92,7	90,6	89,4	88,3	91,4
3000470	83,8	90,7	90,0	90,0	87,9	88,5	87,3	89,7	91,4	91,9	90,9	91,6	90,0	89,0	90,8	89,4
3000483	85,2	92,4	89,4	91,3	88,4	90,8	84,6	87,1	91,2	92,7	90,6	92,5	89,9	89,8	92,3	93,1
3000501	91,4	92,0	90,7	93,0	90,9	92,5	86,0	90,7	90,2	91,3	91,0	91,3	89,3	89,9	90,4	89,1
3000538	83,9	87,0	86,9	88,4	86,7	87,5	84,1	88,4	86,0	87,6	87,9	88,9	87,3	85,4	85,3	86,3
3000569	85,2	91,3	88,6	90,3	84,1	87,5	88,7	90,0	85,3	88,9	82,9	88,3	84,0	86,9	87,8	84,9
3000603	83,1	90,3	88,6	86,4	88,9	87,6	88,3	86,7	89,4	88,2	88,8	88,7	88,4	84,6	84,9	88,5
3000637	82,7	90,1	86,3	87,9	87,7	86,5	87,7	88,6	87,2	87,3	87,5	88,4	86,4	86,2	88,1	87,6
3000666	84,6	88,9	90,9	90,1	89,4	89,3	86,4	88,3	89,5	90,0	89,5	91,1	85,6	88,6	86,3	83,8
3000698	88,6	87,4	83,1	87,7	83,1	85,6	83,5	89,6	83,2	85,0	81,7	84,0	83,5	82,1	86,8	86,5
3000711	89,2	88,5	85,5	87,5	84,4	88,0	86,1	88,6	84,6	86,2	83,8	83,8	80,5	79,9	79,4	86,3
3000728	85,7	81,5	86,8	86,8	83,3	88,3	86,4	86,8	84,6	84,4	84,6	84,4	82,9	82,2	80,8	85,3
3000755	80,5	87,9	87,7	85,9	87,2	86,4	87,6	87,8	87,7	87,9	87,2	87,6	87,7	85,3	81,0	81,3
3000769	79,5	87,9	85,8	86,9	83,2	85,6	85,6	88,0	85,0	85,6	84,7	85,6	82,9	83,8	85,6	89,9
3000780	87,7	89,5	89,4	88,4	87,1	87,9	85,0	88,0	87,6	86,6	87,9	88,8	87,8	86,1	89,7	87,8
3000791	89,8	91,7	91,4	90,0	89,0	89,7	88,4	87,8	89,6	89,4	89,1	89,4	87,6	86,1	88,1	89,2
3000803	84,3	91,5	84,2	87,9	86,3	87,8	83,9	87,3	85,5	87,4	84,7	85,5	86,6	85,7	86,6	91,1
3000820	82,9	87,5	85,9	87,2	84,8	88,1	92,0	90,7	86,2	89,0	86,7	89,0	86,2	86,2	86,7	90,9

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMESTRAL																
Promedio carril	85,0	89,0	87,6	88,7	86,7	88,1	86,7	88,5	87,6	88,5	87,2	88,5	86,4	85,9	86,7	88,0
Desviación estándar	3,1	2,7	2,4	1,8	2,3	1,7	2,1	1,2	2,5	2,4	2,8	2,8	2,8	2,7	3,4	2,9
Coef. De Variación	4%	3%	3%	2%	3%	2%	2%	1%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	3%

Fuente: Elaboración propia

E=Este; W=Oeste

Tabla 11. Resultados de OPI del sector de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 – Calzadas TransMilenio

CIV	DIC DE 2013		JUNIO DE 2014		DIC DE 2014		MAYO DE 2015		NOV DE 2015		MAYO DE 2016		DIC DE 2016		MAYO DE 2017	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
3000414	87,3	87,1	85,5	84,9	85,1	83,9	82,9	84,4	85,4	85,3	85,9	85,0	82,8	86,9	86,3	87,3
3000443	87,6	87,3	87,1	86,8	87,0	85,5	84,7	84,9	88,1	86,3	88,6	86,0	89,9	88,7	87,9	87,5
3000470	88,0	81,7	81,2	86,9	87,0	85,2	89,3	87,2	88,8	86,4	89,4	87,7	88,8	87,8	88,7	91,0
3000483	89,9	83,5	84,1	89,5	87,0	86,2	90,6	87,0	91,7	88,3	91,4	90,2	90,6	89,5	88,7	90,3
3000501	91,9	92,2	92,8	92,1	88,3	86,8	87,8	86,6	92,0	89,0	92,3	88,7	91,3	88,4	89,0	91,9
3000538	91,2	92,2	90,7	90,6	89,3	88,1	86,3	87,2	89,5	88,1	92,4	90,3	89,9	89,2	90,3	91,9
3000569	88,1	89,9	88,2	87,1	86,6	84,3	88,1	84,9	89,8	85,1	89,2	85,7	88,2	85,7	86,8	92,2
3000603	81,8	91,6	88,2	88,3	85,6	87,4	86,7	87,8	87,8	87,9	86,7	87,4	86,5	86,4	87,3	87,3
3000637	83,0	89,8	88,4	86,1	88,3	84,6	87,4	86,0	87,3	85,0	87,8	85,3	89,7	86,5	90,5	88,9
3000666	85,0	91,8	91,2	90,8	88,7	86,4	88,8	87,3	90,9	89,1	91,2	89,9	90,6	88,3	90,7	83,5
3000698	84,2	89,3	88,2	89,5	88,2	90,3	88,3	84,9	86,5	89,4	87,6	89,9	83,8	85,6	85,2	88,1
3000711	88,1	88,3	87,8	83,8	85,3	84,8	85,6	83,5	86,5	84,8	85,4	83,4	84,3	82,9	86,5	89,0
3000728	81,3	85,2	84,1	84,4	81,6	83,7	84,8	84,6	82,0	84,9	82,0	83,4	83,6	87,4	88,6	88,4
3000755	82,2	89,9	88,8	89,3	87,2	88,3	86,9	86,4	86,6	88,0	86,6	87,2	87,5	86,5	84,9	89,1
3000769	83,0	87,0	86,2	87,1	84,5	87,6	83,3	85,7	84,8	86,7	85,1	87,0	83,3	85,1	87,1	85,8
3000780	84,2	88,3	88,0	89,0	87,8	87,2	86,5	85,6	87,4	85,8	87,7	86,4	87,4	84,9	89,7	90,0
3000791	84,5	82,2	82,7	90,2	88,5	90,5	82,5	84,5	88,1	88,9	87,6	88,6	85,9	87,3	87,8	84,6
3000803	85,0	89,8	87,5	91,0	87,8	89,4	88,1	87,2	88,3	89,2	88,0	90,0	87,5	88,6	85,0	88,0
3000820	81,5	84,3	81,8	87,2	86,9	88,3	87,0	86,1	88,1	87,6	88,1	87,3	89,5	86,9	87,8	86,2
ANÁLISIS ESTADÍSTICO SEMESTRAL																
Promedio Carril	85,7	88,0	87,0	88,1	86,9	86,8	86,6	85,9	87,9	87,1	88,1	87,3	87,4	87,0	87,8	88,5
Desviación estándar	3,3	3,3	3,1	2,4	1,8	2,1	2,2	1,2	2,4	1,6	2,6	2,2	2,8	1,7	1,8	2,4
Coef. De Variación	4%	4%	4%	3%	2%	2%	3%	1%	3%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	3%

Fuente: Elaboración propia

E=Este; W=Oeste

Las Tablas 12 y 13 detallan el análisis estadístico de cada una de las calzadas por cada segmento vial, en donde se expresa el valor OPI promedio obtenido en los segmentos durante todo el periodo de mantenimiento.

El promedio o media aritmética no siempre es un valor representativo en una muestra determinada, por tal motivo se hace necesario el cálculo de la desviación estándar, que describe la dispersión que existe en la totalidad de los

datos. Si los valores de análisis se alejan en gran magnitud por encima o por debajo de la media, la desviación estándar será alta, y puede decirse que el promedio no es un valor característico de todos los datos.

“La desviación estándar no puede ser la única base para la comparación de dos distribuciones. Si tenemos una desviación estándar de 10 y una media de 5, los valores varían en una cantidad que es el doble de la media. Si, por otro lado, tenemos una desviación estándar de 10 y una media de 5,000, la variación relativa a la media es insignificante. En consecuencia, no podemos conocer la dispersión de un conjunto de datos hasta que conocemos su desviación estándar, su media y cómo se compara la desviación estándar con la media. Lo que necesitamos es una medida relativa que nos proporcione una estimación de la magnitud de la desviación respecto a la magnitud de la media. El coeficiente de variación es una de estas medidas relativas de dispersión. Relaciona la desviación estándar y la media, expresando la desviación estándar como porcentaje de la media”[9]

Tabla 12. Análisis estadístico de valores OPI por segmento– Calzadas mixtas

CIV	ANÁLISIS ESTADÍSTICO POR SEGEMENTO					
	E			W		
	Promedio	Dev. Estándar	C.V	Promedio	Dev. Estándar	C.V
3000414	86,4	1,88	2%	88,8	1,86	2%
3000443	88,6	2,55	3%	89,8	2,28	3%
3000470	89,0	2,55	3%	90,1	1,22	1%
3000483	89,0	2,77	3%	91,2	2,00	2%
3000501	90,0	1,72	2%	91,2	1,30	1%
3000538	86,0	1,48	2%	87,4	1,18	1%
3000569	85,8	2,27	3%	88,5	2,08	2%
3000603	87,6	2,25	3%	87,6	1,74	2%
3000637	86,7	1,74	2%	87,8	1,24	1%
3000666	87,8	2,33	3%	88,8	2,21	2%
3000698	84,2	2,31	3%	86,0	2,34	3%
3000711	84,2	3,13	4%	86,1	2,95	3%
3000728	84,4	2,00	2%	85,0	2,33	3%
3000755	85,8	3,17	4%	86,2	2,25	3%
3000769	84,1	2,13	3%	86,7	1,90	2%
3000780	87,8	1,45	2%	87,9	1,11	1%
3000791	89,1	1,19	1%	89,2	1,64	2%
3000803	85,3	1,14	1%	88,0	2,22	3%
3000820	86,4	2,60	3%	88,6	1,67	2%

E=Este; W=Oeste

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Análisis estadístico de valores OPI por segmento – Calzadas TransMilenio

CIV	ANÁLISIS ESTADÍSTICO POR SEGEMENTO					
	E			W		
	Promedio	Dev. Estándar	C.V	Promedio	Dev. Estándar	C.V
3000414	85,1	1,56	2%	85,6	1,33	2%
3000443	87,6	1,50	2%	86,6	1,23	1%
3000470	87,7	2,71	3%	86,7	2,63	3%
3000483	89,2	2,59	3%	88,1	2,36	3%
3000501	90,7	1,98	2%	89,5	2,31	3%
3000538	90,0	1,78	2%	89,7	1,84	2%
3000569	88,1	1,08	1%	86,9	2,76	3%
3000603	86,3	2,00	2%	88,0	1,57	2%
3000637	87,8	2,22	3%	86,5	1,86	2%
3000666	89,6	2,15	2%	88,4	2,64	3%
3000698	86,5	1,85	2%	88,4	2,04	2%
3000711	86,2	1,28	1%	85,1	2,31	3%
3000728	83,5	2,43	3%	85,2	1,75	2%
3000755	86,3	1,99	2%	88,1	1,32	1%
3000769	84,7	1,44	2%	86,5	0,86	1%
3000780	87,3	1,58	2%	87,1	1,81	2%
3000791	86,0	2,43	3%	87,1	3,02	3%
3000803	87,2	1,34	2%	89,2	1,20	1%
3000820	86,3	3,02	3%	86,8	1,22	1%

E=Este; W=Oeste

Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Análisis estadístico semestral: En el análisis estadístico semestral de los valores OPI de las calzadas mixtas y TransMilenio de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26, contenido en las Tablas 10 y 11, se presentan desviaciones estándar inferiores a 3.1 y valores de coeficiente de variación inferiores a 4%, lo que evidencia una dispersión muy baja de las muestras de datos analizadas y por tal motivo puede tomarse el valor OPI promedio de cada semestre como

un dato representativo. La Fig. 10. muestra la variación del OPI del pavimento en estudio, las abscisas representan los ocho (8) semestres analizados desde diciembre de 2013 hasta mayo de 2017 (periodo de mantenimiento) y las ordenadas los valores de OPI obtenidos a lo largo de este tiempo.

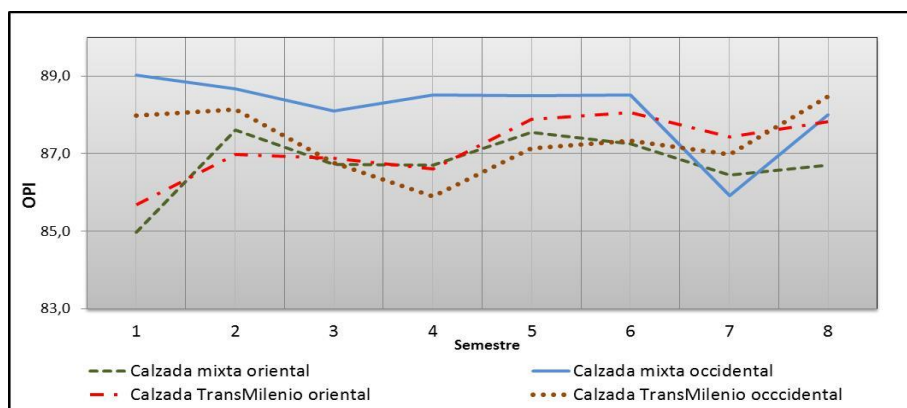


Fig. 10. Variación del OPI durante el periodo de mantenimiento en las calzadas mixtas y calzadas TransMilenio.

Fuente: Elaboración propia.

- Se evidencia que el comportamiento del OPI varía entre 85 y 90 a lo largo de los 8 semestres analizados, es decir una variación mínima durante todo el periodo de análisis.
- Las calzadas TransMilenio, y la calzada mixta oriental, presentan un aumento de OPI al final del periodo.
- Las calzada mixta occidental presenta una disminución del OPI en los últimos dos semestres de mantenimiento.

3.4.2 Análisis estadístico por segmentos viales: En el análisis estadístico por segmentos viales contenido en las Tablas 12 y 13 se presentan desviaciones estándar inferiores a 3,2 y coeficientes de variación máximos del 3%, resultados que también demuestran la poca dispersión de resultados OPI obtenidos por cada segmento vial durante el periodo de mantenimiento, por tal motivo los valores promedio son representativos en todos los casos. En las Fig. 11 y 12 se describen el OPI promedio de cada segmento vial.

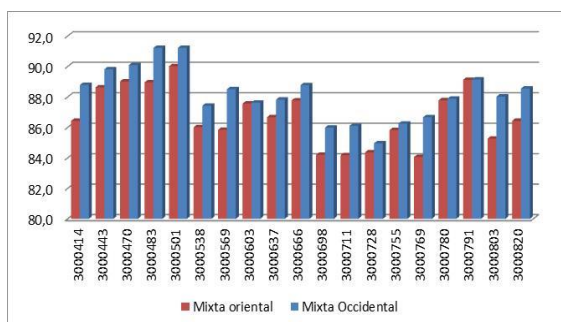


Fig. 11. OPI promedio de los segmentos viales durante el periodo de mantenimiento – Calzadas mixtas.

Fuente: Elaboración propia.

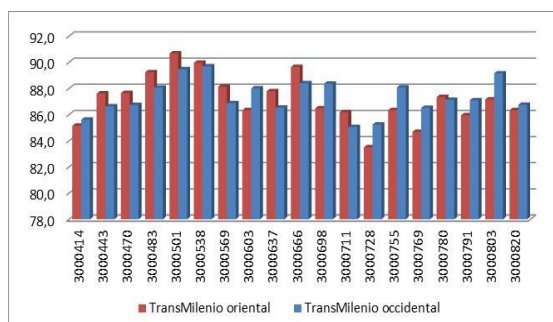


Fig. 12. OPI promedio de los segmentos viales durante el periodo de mantenimiento – Calzadas TransMilenio.

Fuente: Elaboración propia.

- En las calzadas mixtas los segmentos viales que presentaron mayores valores de OPI fueron el 3000483 y 3000501 correspondiente a la carrera 10 entre calle 20 y calle 22.
- Los menores valores de OPI de las calzadas mixtas se dieron en los segmentos viales 300698, 3000711, 3000728, 3000755 y 3000769 correspondiente a la carrera 10 entre calle 11 y calle 15.
- Las calzadas TransMilenio presentan mayores valores de OPI en los CIV 3000501 y 3000538 que corresponde a la carrera 10 entra calle 19 y calle 21, y menores valores en los CIV 3000728 (calle 13 a Av. Jiménez) y 3000769 (calle 11 a 12)

3.5 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE SEGMENTOS VIALES

Para la determinación del estado de condición de cada uno de los segmentos viales, se tomaron los valores del OPI calculados en la sección 3.4. En la sección 3.3 se describe que la estructura del pavimento fue diseñada con un nivel de tránsito alto, superior a 4×10^6 ejes equivalentes de 8,2 toneladas en todos los carriles. Con estas variables y teniendo en cuenta la Tabla 5, se determinó el comportamiento del estado de condición del pavimento rígido de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26, desde diciembre del año 2013 hasta el mes de mayo de 2017 representado en las Fig. 13 a 16, en donde se muestra la variación del OPI en el tiempo junto con los rangos de clasificación.

Se observa que ninguno de los segmentos viales que conforman el pavimento en estudio, pasaron a tener un estado condición aceptable, regular o malo, si no que la totalidad del corredor se mantuvo durante todo el periodo de mantenimiento en el rango de condición de una vía buena, es decir que los valores del OPI (que representan las condiciones superficiales del pavimento rígido), tuvieron un comportamiento bueno a lo largo de los 8 semestres de análisis.

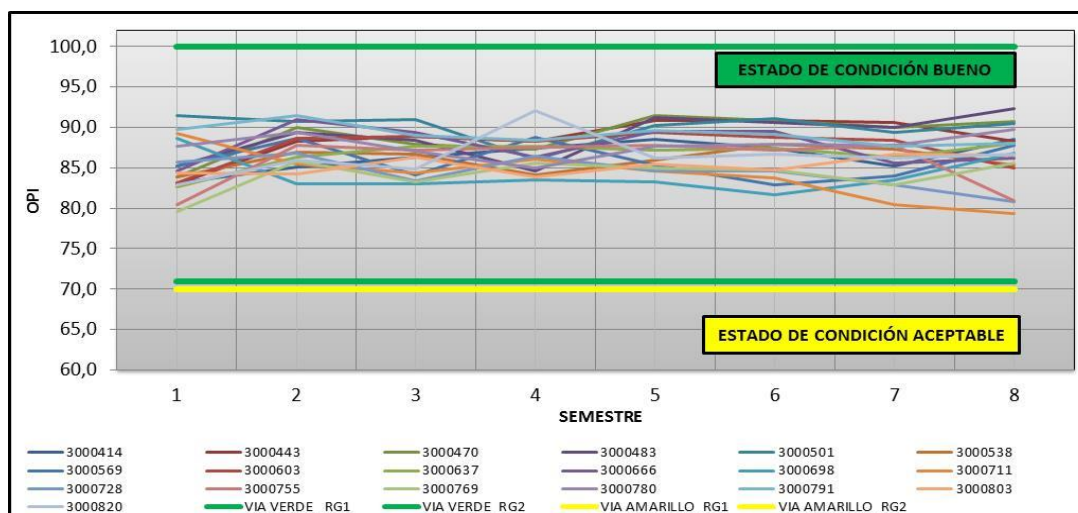


Fig. 13. Estado de condición de los segmentos viales - calzada mixta oriental.

Fuente: Elaboración propia.

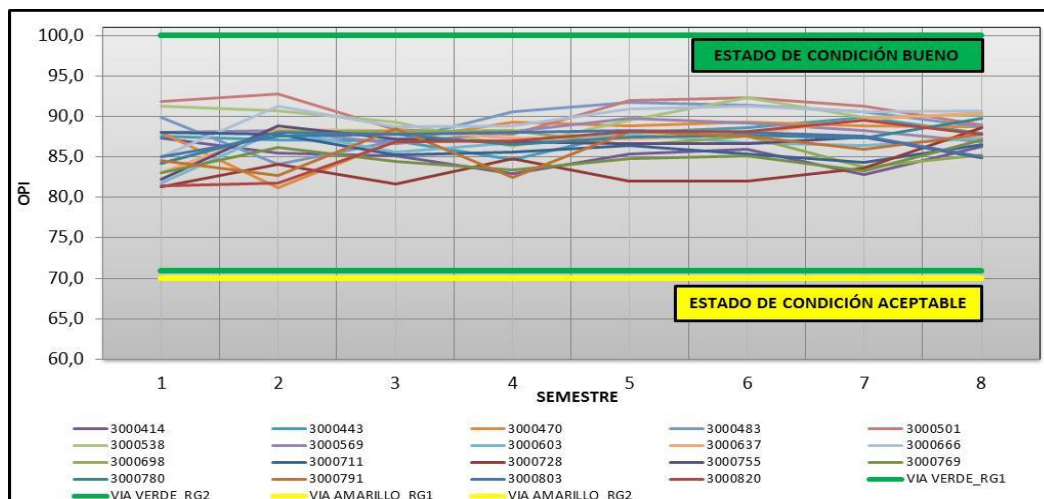


Fig. 14. Estado de condición de los segmentos viales - calzada TransMilenio oriental.
Fuente: Elaboración propia.

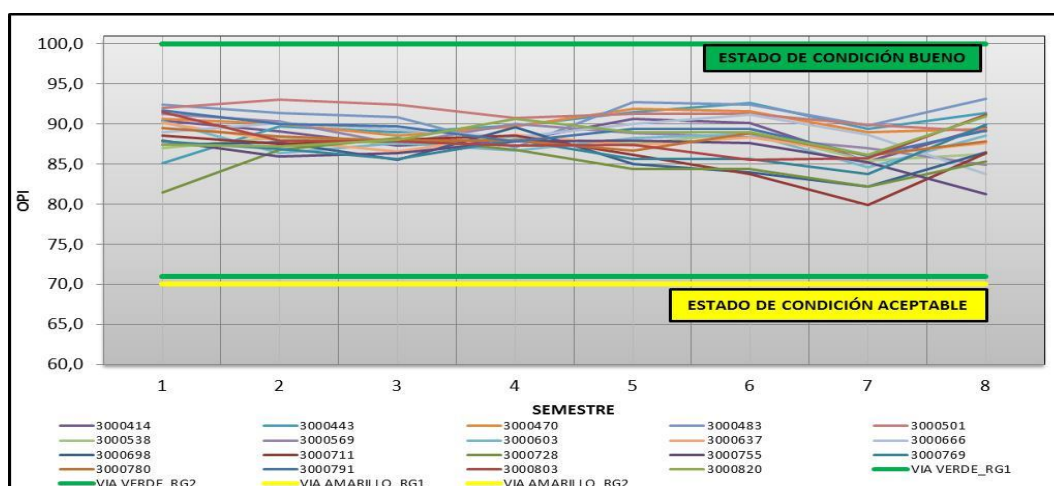


Fig. 15. Variación del estado de condición de los segmentos viales de la calzada mixta costado occidental.

Fuente: Elaboración propia.

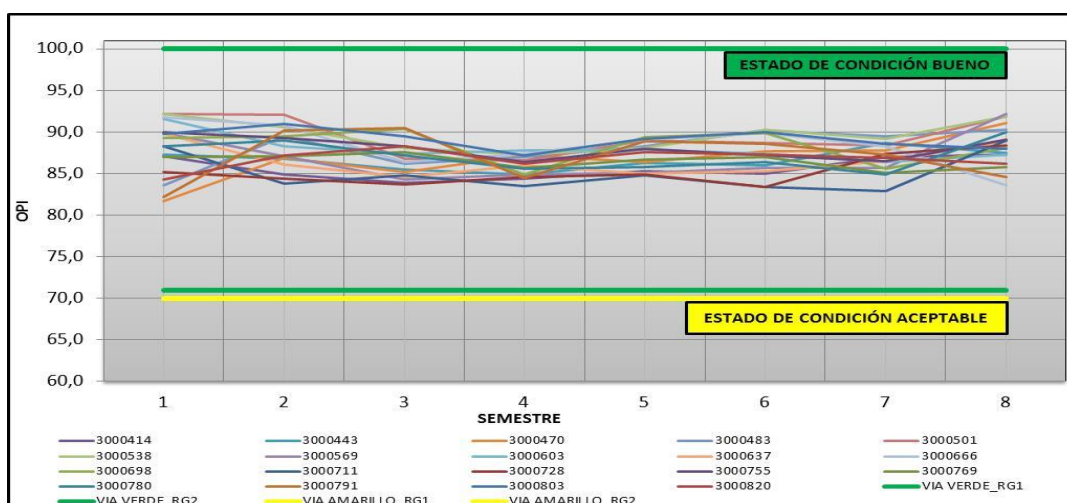


Fig. 16. Variación del estado de condición de los segmentos viales de la calzada TransMilenio costado occidental.

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis estadísticos realizados, se evidenciaron desviaciones estándar y coeficientes de variación muy bajos, demostrando que los resultados OPI obtenidos durante la etapa de mantenimiento no variaron significativamente desde el semestre uno (1) hasta el semestre ocho (8).

La totalidad de los segmentos viales que componen la carrera 10 entre calle 7 y calle 26, se mantuvieron dentro de las mismas condiciones superficiales iniciales. El comportamiento del OPI del pavimento rígido durante los ocho (8) semestres de evaluación obtuvo valores entre 85 y 89 en las calzadas mixtas y calzadas TransMilenio, magnitudes que se encuentran en el rango de clasificación de una vía en buen estado de condición.

En las zonas donde los segmentos viales presentaron mayores valores de IRI, se obtuvieron resultados de OPI inferiores, sin embargo, dicha afectación no generó que el pavimento rígido disminuyera su estado de condición debido a que los resultados MDR (variable que también influye en el OPI) fueron bastante buenos en los mismos sectores.

A causa de que se desarrollaron actividades de mantenimiento en el pavimento rígido, las cuales incluyeron el re-texturizado de losas, reparación de desportillamientos, reparación en juntas para mejora de transferencia de carga, cambio de sello de juntas en mal estado, sellado de fisuras, nivelación de pozos y placas de concreto escalonadas, entre otras, los valores de IRI no sufrieron aumento a lo largo del periodo evaluado y las mediciones de MDR siempre resultaron superiores a 90, contribuyendo a que el OPI se mantuviera o aumentara durante los 8 semestres.

Se puede entender o concluir que el OPI está mayormente influenciado por los valores de MDR, pues a pesar de que se tuvieron IRI's de 4 y 5, que clasifican como regulares, el valor OPI no descendió de categoría buena.

Por tal motivo puede afirmarse que el mantenimiento implementado desde diciembre del año 2013 hasta el mes de mayo de 2017 fue el indicado, cumpliendo significativamente con el propósito de conservar las características superficiales del pavimento rígido de la carrera 10 entre calle 7 y calle 26 en la ciudad de Bogotá.

Es recomendable seguir con el monitoreo del mantenimiento, con base en que se tienen 8 mediciones. Entre mayor sea el número de datos o periodo de evaluación, existirá mayor confiabilidad y se permitirá confirmar los resultados.

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Marcela Velásquez por sus aportes en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Arriaga Patiño Mario C, *índice internacional de regularidad en la red carretera de México*, Querétaro, México: Instituto mexicano del transporte, 1998.
- [2] Instituto De Desarrollo Urbano – IDU, *especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C*, Bogotá D.C., Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005.
- [3] Instituto De Desarrollo Urbano – IDU, *especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público en Bogotá D.C*, Bogotá D.C., Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011.
- [4] Sabogal Sánchez Fernando, *sobre el índice de estado en los contratos de la tercera generación de concesión de carreteras nacionales*. Bogotá D.C., Colombia: Cámara Colombiana de la infraestructura, 2014.
- [5] Sabogal Sánchez Fernando, *curso básico de diseño de pavimentos, módulo 18, evaluación de pavimentos*, Bogotá D.C., Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [6] Technology and Management LTD. - TNM, *calibración de las curvas de deterioro de los pavimentos de Bogotá D.C.*, Bogotá D.C., Colombia: Instituto De Desarrollo Urbano – IDU, 2005.
- [7] Instituto De Desarrollo Urbano – IDU, *especificaciones particulares de mantenimiento para la ejecución de las obras de construcción y todas las actividades necesarias para la adecuación de la calle 26 y de la carrera 10, al sistema TransMilenio y su posterior mantenimiento en la ciudad de Bogotá, D.C.*, Bogotá D.C., Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2007.
- [8] Instituto De Desarrollo Urbano – IDU, *especificaciones particulares de construcción para la adecuación de la carrera 10, al sistema TransMilenio en el tramo comprendido entre la calle 7 y la calle 26 en la ciudad de Bogotá, D.C.*, Bogotá D.C., Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2007.
- [9] Levin, Richard I., Rubin, David S, *Estadística para administración y economía*. México: Pearson Educación, 2004.